PRB 00-38E

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

# CARBON SEQUESTRATION BY AGRICULTURAL SOIL

Frédéric Forge
Science and Technology Division

30 January 2001

PARLIAMENTARY RESEARCH BRANCH
DIRECTION DE LA RECHERCHE PARLEMENTAIRE

The Parliamentary Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultation in their respective fields of expertise.

CE DOCUMENT EST AUSSI PUBLIÉ EN FRANÇAIS

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

101-06493/

# TABLE OF CONTENTS

Page

INTRODUCTION ..... 1

SOIL CARBON SEQUESTRATION ..... 2

A. $CO_2$ Emissions From Canadian Farms ..... 2
B. The Carbon Cycle in Agriculture ..... 3
C. Farming Practices that Allow Soil to Sequester Carbon ..... 4
D. Soil Carbon Sequestration in Canada ..... 5
E. The Kyoto Protocol ..... 6

FOSTERING THE CREATION OF SINKS ..... 7

A. A Market for Carbon ..... 7
B. Does a "Carbon Market" Hold Any Appeal for Farmers? ..... 8
C. Other Approaches ..... 9

CONCLUSION ..... 10

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

# CARBON SEQUESTRATION BY AGRICULTURAL SOIL

## INTRODUCTION

According to the greenhouse effect theory, the discharge into the atmosphere of large quantities of carbon dioxide ($CO_2$) and, equally important, other trace gases will eventually warm the planet. The Earth's climate has always been evolving, yet many climatologists, scientific researchers and environmental lobby groups believe that increasing concentrations of the gases that produce the greenhouse effect in the atmosphere will lead to temperature increases big enough to bring about major climatic changes.[1] According to the draft of the third report by Working Group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sponsored by the United Nations, increasing concentrations of man-made greenhouse gases have contributed significantly to global warming over the past 50 years.[2]

Climate change presents adaptation challenges for Canadian agriculture that are expected to become more apparent over time. For example, the sector may have to deal with increased weather variability and higher risks of droughts, flooding and new insect infestations. Opportunities may also arise from climate change, notably a northward extension of crop lands and grazing zones.[3]

The international community has repeatedly undertaken to reduce greenhouse gas emissions in order to slow the process of climate change. In 1997, after the Kyoto Protocol was negotiated, Canada undertook to reduce its emissions by 6% relative to 1990 levels. In 1997, agriculture accounted for 9% of greenhouse gas emissions in Canada, or 61.4 million tonnes, primarily carbon dioxide ($CO_2$), nitrous oxide and methane.[4]

---

(1) Christine Labelle and William Murray, *Greenhouse Gases and Climate Change*, Ottawa: Parliamentary Research Branch, Library of Parliament, revised 25 June 1999.

(2) "La température de la planète devrait se réchauffer de 1,5 °C à 6 °C en 2100, affirment les scientifiques de l'IPCC", *Le Monde*, 2 November 2000.

(3) Agriculture and Agri-Food Canada website, taken from a page available at the following address: http://www.agr.ca/policy/environment/eb/public_html/ebe/climate.html, updated 27 July 1999.

(4) Robert Hornung, Pembina Institute, Presentation at a Library of Parliament workshop on climate change, 29 September 2000.

This document focuses on the role of agricultural soil in $CO_2$ emissions. The first part describes the process of soil carbon sequestration and how that process can help reduce agricultural $CO_2$ emissions. The second part looks at ways the agriculture industry can create "carbon sinks."

## SOIL CARBON SEQUESTRATION

### A. $CO_2$ Emissions From Canadian Farms

In agriculture, there are three main sources of carbon dioxide emissions: changes that affect soil carbon reserves; $CO_2$ released through the use of fossil fuels on farms; and indirect emissions related to the use of fossil fuels to produce pesticides, fertilizers, etc. The following table shows estimated $CO_2$ emissions from various sources in the Canadian agricultural industry.

**Table 1**

**Estimated $CO_2$ Emissions by the Canadian Agricultural Industry**

| | 1981 | 1986 | 1991 | 1996 |
|---|---|---|---|---|
| | (millions of tonnes of $CO_2$) | | | |
| Soils | 7.7 | 7.3 | 5.1 | 1.8 |
| Fuels used on farms | 9.5 | 7.7 | 8.1 | 9.5 |
| Indirect emissions[5] | 13.7 | 14.7 | 14.6 | 16.3 |
| Total emissions attributable to agriculture | 30.9 | 29.7 | 27.8 | 27.6 |

Source: R.L. Desjardins in *The Health of Our Air: toward sustainable agriculture in Canada*, Agriculture and Agri-Food Canada, Research Branch, 1998.

According to the data in Table 1, $CO_2$ emissions from agricultural soil decreased from 7.7 million tonnes in 1981 to 1.8 million tonnes in 1996; they are believed to be virtually zero today.[6] The reasons for this trend are stated in the following sections.

---

(5) Indirect emissions include the release of $CO_2$ during the manufacture and transportation of fertilizer and other inputs, the manufacture of farm machinery, the generation of electricity, etc.

(6) Terence McRae, Agriculture and Agri-Food Canada, *An Agri-Environmental Perspective on Multifunctionality*, presentation at the general meeting of the Canadian Federation of Agriculture, 23 February 2000, workshop on multifunctionality and precautions.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT



## B. The Carbon Cycle in Agriculture

To understand $CO_2$ emissions from soil, it is important to have some idea of the carbon cycle in farm systems. Generally, $CO_2$ in the atmosphere is absorbed by plants, which transform it into carbohydrates, cellulose and other sugars. Each plant uses some of the carbon compounds to meet its energy needs and converts them back into $CO_2$. Some of the carbon remaining in the plant is then removed from the system when the plant is harvested; the rest ends up in the ground and is transformed into $CO_2$ again by microbes in the soil. This cycle is identical in all crop systems, but the quantities of $CO_2$ involved vary depending on climate, soil and type of plant. The cycle is slightly more complex on farms where animals are raised because instead of being removed from the system, a considerable proportion of the plant matter is used as bedding or feed. Some of that carbon is released by the animals in the form of $CO_2$, some is removed in the form of animal products (meat, for example), and a significant quantity is returned to the ground in the form of manure.

On land that has undergone few changes over the years (a natural prairie, for example, or land that has been farmed the same way for many decades), there is a balance between the carbon captured by the plants and the carbon returned to the atmosphere; as a result, the quantities of carbon stored in the soil do not change.[7] However, a change in land management disrupts the carbon cycle. For example, when forests and natural prairies are cleared for farming, a large quantity of the original organic matter is transformed into $CO_2$ and released into the atmosphere. When the land is then used for crops for several decades, the quantities stored in the soil become stable once again. However, when farming practices are changed to increase the organic carbon content of the soil, the reverse occurs: the soil captures more $CO_2$ than it emits, which means that $CO_2$ is removed from the atmosphere and stored in the soil. This process is called carbon sequestration: the term "soil sink" is used to mean agricultural soil that accumulates carbon.[8] Figure 1 illustrates the changes that occur at various times in carbon reserves in agricultural soil.

---

(7) Agriculture and Agri-Food Canada, Research Branch, *The Health of Our Air: toward sustainable agriculture in Canada*, 1998.

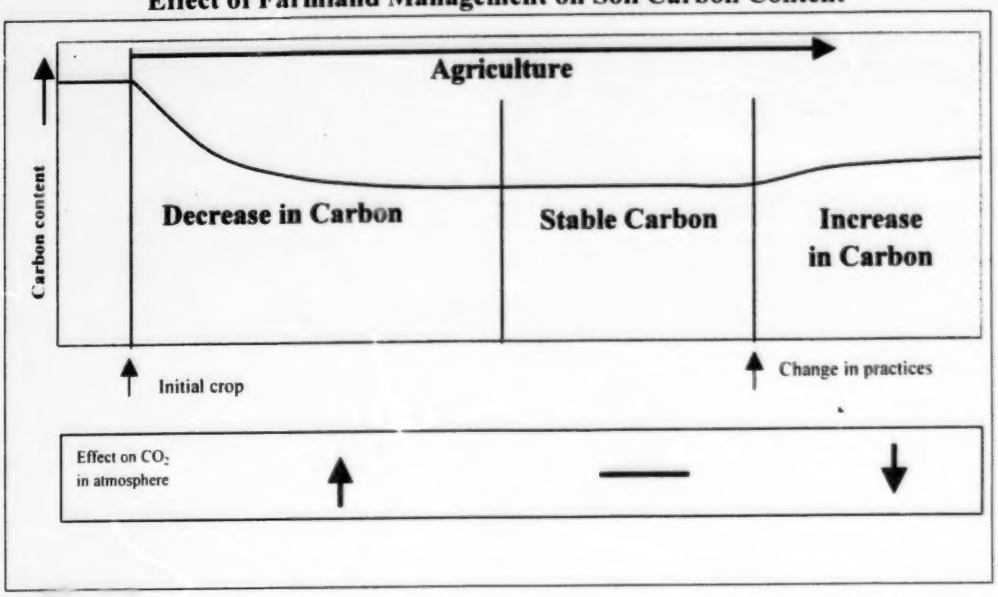
(8) Generally, a "carbon sink" is an activity that removes $CO_2$ from the atmosphere: there are "soil sinks" (carbon sequestration by soil) and "forest sinks" (carbon sequestration by a growing forest).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT



**Figure 1**

**Effect of Farmland Management on Soil Carbon Content**




Source: Adapted from R.L. Desjardins in *The Health of Our Air: toward sustainable agriculture in Canada*, Agriculture and Agri-Food Canada, Research Branch, 1998.

A country could therefore use the carbon sequestration capacity of its agricultural soil to reduce greenhouse gas emissions. That capacity is not unlimited, however, because the carbon reserves in the soil stabilize again after a number of years of unchanged land management.

## C. Farming Practices that Allow Soil to Sequester Carbon

The long-term carbon retention capacity of soil depends on sound land management. Soil sinks cannot be created unless practices are adopted that increase the carbon content of the soil. Those practices, which can vary depending on the type of soil and climate, include:

- a decrease in the amount of land left fallow;
- the use of direct drilling, which does not disturb the soil as much and reduces the amount of $CO_2$ released into the atmosphere;
- the use of legumes and/or grasses in crop rotation;
- the conversion of marginal farmland to perennial grasses or trees;

- the use of rotation grazing and high-intensity short-term grazing;
- the planting of shrubs and trees as windbreaks; and
- the restoration of wetlands.

Many management methods aimed at storing carbon in soil sinks also contribute to environmental sustainability. Increasing the organic matter content of soil helps improve the soil's agronomic capabilities. It also produces better soil and better crops, improves water conservation, reduces erosion, and improves wildlife habitat and species protection, leading to greater biodiversity.(9)

These methods can also make farms more profitable. For example, minimum tillage reduces the need for machinery and therefore lowers production costs.(10)

### D. Soil Carbon Sequestration in Canada

Historical observations in Canada confirmed by mathematical models have shown that soil carbon reserves decreased quickly in the early 20th century as a result of the cultivation of a large amount of unused land. Those carbon losses gradually diminished as the soil achieved a new state of stability. The losses almost completely stopped in the mid-1990s.(11)

In 1998, Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) projected that agricultural soil would cease to be a source of $CO_2$ before 2001 and would store between 0.5 and 0.7 million tonnes of carbon a year beginning in 2010.(12) This trend will continue only until the soil reaches a new balance and only if practices that foster increased carbon content are maintained.(13)

There is still some uncertainty over how to quantify the $CO_2$ that is actually removed from the atmosphere and stored in soil. AAFC's estimates are based on the CENTURY

---

(9) Agriculture and Agri-Food Canada website, taken from a page available at the following address: http://www.agr.ca/policy/environment/eb/public_html/ebe/climate.html, updated 29 July 1999.

(10) *Ibid.*

(11) Agriculture and Agri-Food Canada, 1998.

(12) R.L. Desjardins and R. Riznek, "Agricultural Greenhouse Gas Budget," *Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agri-Environmental Indicator Project*, Agriculture and Agri-Food Canada, 2000.

(13) *Ibid.*

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT



model, which uses certain scientific theories about soil, climate, vegetation and other factors to calculate an estimate of changes in carbon resulting from farming practices. However, a great deal of research remains to be done, particularly on practices that sequester carbon in certain types of soil.

### E. The Kyoto Protocol

Unlike reforestation, carbon sequestration in agricultural soil was not included in the original Kyoto Protocol; in other words, soils are not officially recognized as carbon sinks, and carbon stored in soil cannot be factored into a country's emissions budget.

To rectify the situation, Canada pushed to have carbon sinks included in the Protocol: this was done in agreement with many Canadian stakeholders, including the Agriculture and Agri-Food Table on Climate Change,[14] which recommended in January 2000 that the federal government continue its efforts to have agricultural soils recognized as carbon sinks in the Protocol.[15] The initiatives taken by the government and the industry to implement measures aimed at reducing the effect of greenhouse gases were designed with that objective in mind.

Negotiations on application of the Kyoto Protocol took place in The Hague in November 2000. One of the goals was to reach an agreement on the definition of "carbon sink" and the way sinks would be factored into emissions budgets. The failure of those negotiations did not necessarily end the hopes of seeing agricultural soils included in the Protocol, but rather highlighted the need to overcome obstacles, in particular the need for an economically and technically reliable and efficient method of determining the quantities of $CO_2$ removed from the atmosphere and stored in soil. The scientific uncertainty over how to quantify that sequestered $CO_2$ and the temporary nature of agricultural soils as carbon sinks were the main arguments used by those opposed to the inclusion of soils in the Protocol.

---

(14) The Agriculture and Agri-Food Table on Climate Change was created to develop a strategy that would allow Canada to reach its goal under the Kyoto Protocol. The group includes representatives of the provinces, the agriculture industry and universities.

(15) Agriculture and Agri-Food Table on Climate Change, *Reducing Greenhouse Gas Emissions from Canadian Agriculture*, Report on Options, January 2000.

## FOSTERING THE CREATION OF SINKS

Among the various measures aimed at reducing greenhouse gas emissions are those which use the market by putting a price on carbon (for example, a tax or a tradeable permit system) and those which use the power of regulations to limit certain practices (for example, energy efficiency standards for motor vehicles). These measures do not necessarily foster the creation of carbon sinks. This section therefore focuses on the establishment of a carbon market and the appeal that this approach might hold for farmers. It goes on to briefly describe other solutions and their impact on the adoption of practices that promote carbon sequestration.

### A. A Market for Carbon

Of all the measures referred to above, "carbon credit trading" is the one that has undergone the most study in Canada[16] and seems to be best able to encourage farmers to adopt practices that promote carbon sequestration and thus the creation of carbon sinks.

The Kyoto Protocol allows the development of emission trading mechanisms as a way of reducing the emission of greenhouse gases into the atmosphere. The first step in implementing an emission trading system is to set a limit on each country's greenhouse gas emissions; each country then distributes its allocation among the various sources of emissions. Finally, the trading system would allow one source to increase the amount of greenhouse gas it emits by trading with another source that was able to reduce its emissions to a level below its allocation.

Carbon sequestration activities such as carbon sinks could perhaps be incorporated into emission trading systems: this would create a "carbon credit" for each additional equivalent unit of $CO_2$ in the soil. These credits could then be sold to sources of greenhouse gas in order to permit their emissions. Credit trading would give farmers a bonus for adopting methods that promote soil carbon retention.

It should be noted that forestation and reforestation are considered carbon sinks under the Kyoto Protocol. In addition to creating a soil sink by sequestering carbon in soil, the

---

(16) Robert Hornung, Pembina Institute, Presentation at a Library of Parliament workshop on climate change, 29 September 2000.

conversion of marginal farmland to forest would also be a forest sink that would make it possible to obtain additional carbon credits.

If agricultural soils are recognized as carbon sinks in the Kyoto Protocol, terms and conditions for a carbon credit trading system will have to be established. A number of questions will have to be clarified before a carbon credit trading system is put in place, including:

- Would the system be voluntary or mandatory?
- Would credits be allocated for what a farmer actually sequesters or for the sequestration potential of the soil?
- Who would hold the carbon credits: the owner of the land or the farmer?

### B. Does a "Carbon Market" Hold Any Appeal for Farmers?

The following paragraphs discuss the potential impact of a carbon credit trading system on farmers.

Currently, it is difficult to predict what value carbon will have for farmers. There is still no way to determine the quantity of carbon that will be sequestered, the price paid for a unit of carbon, and the terms of payment.(17)

It is a fairly safe bet that the quantity of carbon sequestered on an individual farm will be too small to be tradeable. However, considering that Canada has 45.5 million hectares of farmland, there is considerable potential for tradeable credits. Without question, a method of pooling carbon credits in order to obtain a significant tradeable volume will have to be devised.(18)

The establishment of a significant market also entails a trading mechanism that would allow farmers to buy credits. Under such a mechanism, farmers interested in expanding an animal breeding operation or taking another initiative that would burn fossil fuels or increase other greenhouse gas emissions would have to pay for credits.(19)

---

(17) *Carbon Sequestration and Trading Implications for Canadian Agriculture*, Discussion paper tabled at the workshop entitled *Carbon Sequestration and Trading Implications for Agriculture*, coordinated by the Soil Conservation Council of Canada in December 1998.

(18) *Ibid.*

(19) Daynard Terry, "Agriculture and Kyoto – An Update," *Ontario Corn Producer*, Vol. 15, No. 7, August-September 1999, pp. 6-7.

## C. Other Approaches

Other tools are available for encouraging farmers to use methods that promote soil carbon sequestration. For example, a conservation easement is a legal agreement whereby a landowner voluntarily restricts or limits the type and scope of development that he or she can carry out on the land in return for financial compensation. This system is used in the United States to conserve wildlife habitat (*U.S. Conservation Reserve Program*) and could be adapted to greenhouse gases, mainly by encouraging farmers to take marginal farmland out of production and convert it to perennial grasses or forest. Such a system seems at first glance to be incompatible with a carbon credit trading system – one party would be paid twice for the same service. Moreover, there is the problem of the criteria on which financial compensation would be based. In this type of program, loss of productivity or shortfall resulting from use of the practices in question generally serve as the basis for compensation. However, practices that sequester carbon do not necessarily lead to a drop in production or a shortfall.

Among the other approaches aimed at reducing greenhouse gas emissions, the imposition of a "carbon tax" is one solution that has the support of many environmental groups. It is difficult at this time to estimate the possible impact of a fossil fuel tax on the adoption of practices that foster carbon sequestration, although some of those practices reduce energy consumption – direct drilling, for example, which requires less machinery. According to a document produced in 1998 for the Agriculture and Agri-Food Table on Climate Change, the farming process is too complex to assume that imposing a tax will bring about an increase in practices that sequester carbon and, more generally, a decrease in agricultural $CO_2$ emissions.[20] That approach has not subsequently been studied a great deal in Canada.[21]

Regulatory measures that would make it mandatory to use practices that sequester carbon in soil could be viewed as a violation of property rights. Nor are regulations a method traditionally used in Canada to set parameters for farming: "good farming practices" guides are voluntary and are rarely set out in regulations. Management of animal waste is an exception, because most provinces have regulations governing the storage and spreading of manure.

---

(20) Don Buckingham and Cynthia Kallio Edwards, "Non-economic policy instruments aimed at reducing agricultural greenhouse gas emissions," Presentation at the Montreal workshop of the Agriculture and Agri-Food Table on Climate Change, 17 November 1998.

(21) Robert Hornung, Pembina Institute, Presentation at a Library of Parliament workshop on climate change, 29 September 2000.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT



## CONCLUSION

Soil carbon sequestration is one way of reducing agricultural greenhouse gas emissions, and the creation of a market for reducing carbon emissions would enable farmers to benefit economically from the process.

However, Canada will not be able to include soil carbon sequestration in the measures it takes to reduce greenhouse gas emissions if the Kyoto Protocol does not recognize agricultural soils as carbon sinks.

Moreover, the process does not resolve the entire issue of agricultural greenhouse gas emissions. The gains achieved through carbon sequestration must not be accompanied by an increase in greenhouse gas or $CO_2$ emissions from sources other than soil, particularly if those emissions are part of the carbon credit trading system. The benefit resulting from soil carbon sequestration would be severely reduced or perhaps even wiped out altogether. Carbon sinks are not a permanent solution because soil carbon reserves reach a new balance after a number of years and the practices needed to prevent the $CO_2$ from being re-released have to be maintained.

Other practices can be used to reduce agricultural greenhouse gas emissions: for example, replacing a portion of mineral nitrogen fertilizer with legume cover in winter reduces the indirect $CO_2$ emissions attributable to fertilizer production.[22] Farmers will therefore have to include soil sinks in a broader strategy aimed at reducing their greenhouse gas emissions.

---

(22) G.P. Robertson *et al.*, "Greenhouse Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere," *Science Magazine*, Vol. 289, No. 5486, 15 September 2000, pp. 1922-1925.

PRB 00-38F

Library of Parliament / Bibliothèque du Parlement

# LA SÉQUESTRATION DU CARBONE PAR LES SOLS AGRICOLES

Frédéric Forge
Division des sciences et de la technologie

30 janvier 2001

PARLIAMENTARY RESEARCH BRANCH
DIRECTION DE LA RECHERCHE PARLEMENTAIRE

**La Direction de la recherche parlementaire de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, elle assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.**

**THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH**

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

# TABLE DES MATIÈRES

PAGE

INTRODUCTION ..... 1

LA SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES SOLS ..... 2

A. Les émissions de $CO_2$ par l'agriculture canadienne ..... 2
B. Le cycle du carbone en milieu agricole ..... 3
C. Les pratiques agricoles qui permettent de séquestrer le carbone dans les sols ..... 5
D. La séquestration du carbone par les sols du Canada… ..... 6
E. …Et dans le Protocole de Kyoto ..... 7

QUELLES MÉTHODES POUR FAVORISER LA CRÉATION DE PUITS? ..... 8

A. Un marché pour le carbone ..... 8
B. Un « marché du carbone » est-il un intéressant pour les agriculteurs? ..... 9
C. Les autres approches ..... 10

CONCLUSION ..... 11

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

# LA SÉQUESTRATION DU CARBONE PAR LES SOLS AGRICOLES

## INTRODUCTION

Selon la théorie de l'effet de serre, le rejet dans l'atmosphère de grandes quantités de gaz carbonique (ou dioxyde de carbone, $CO_2$) et, de façon tout aussi importante, d'autres gaz à l'état de traces aura pour effet de réchauffer la terre. Bien que le climat de la planète ait toujours été en constante évolution, plusieurs climatologues, chercheurs scientifiques et groupes de défense de l'environnement estiment que l'augmentation des concentrations de gaz responsables de l'effet de serre dans l'atmosphère entraînera des hausses de température suffisantes pour provoquer d'importants changements climatiques(1). Selon l'ébauche du troisième rapport du groupe 1 du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), parrainé par les Nations Unies, les concentrations croissantes de gaz anthropiques à effet de serre ont contribué substantiellement au réchauffement depuis 50ans(2).

En effet, ces changements climatiques présenteront pour l'agriculture canadienne des défis d'adaptation qui devraient devenir plus manifestes au cours du XXI$^{e}$ siècle. Le secteur pourrait par exemple avoir à composer avec une augmentation de la variabilité des conditions météorologiques et à un risque plus élevé de sécheresses, d'inondations et d'infestations d'insectes. Le changement climatique pourrait aussi avoir des avantages, notamment une extension vers le nord des terres cultivables et des pâturages(3).

À plusieurs reprises, la communauté internationale s'est engagée à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), dans le but de ralentir l'apparition des changements

---

(1) Christine Labelle, William Murray, Les gaz à effet de serre et les changements climatiques, Direction de la recherche parlementaire, Bibliothèque du Parlement, révisé le 25 juin 1999.

(2) « La température de la planète devrait se réchauffer de 1,5 °C à 6 °C en 2100, affirment les scientifiques de l'IPCC », *Le Monde*, 2 novembre 2000.

(3) Site Internet de Agriculture et Agroalimentaire Canada, tiré d'une page disponible à l'adresse suivante : http://www.agr.ca/policy/environment/eb/public_html/ebf/climatique.html mise à jour le 27 juillet 1999.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT



climatiques. En 1997, à l'issue des négociations du Protocole de Kyoto, le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de 6 p. 100 par rapport au niveau de 1990. En 1997, l'agriculture comptait pour 9 p. 100 des émissions de GES au Canada, soit 61,4 millions de tonnes, principalement du dioxyde de carbone ($CO_2$), de l'oxyde nitreux et du méthane[4].

Le présent document se concentre sur le rôle des sols agricoles dans les émissions de $CO_2$. Il décrit tout d'abord le processus de séquestration du carbone par le sol et en quoi il peut permettre de réduire les émissions de $CO_2$ issues de l'agriculture. Dans une deuxième partie nous verrons comment favoriser la création de « puits de carbone » par l'industrie agricole.

## LA SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES SOLS

### A. Les émissions de $CO_2$ par l'agriculture canadienne

Le dioxyde de carbone rejeté par l'agriculture provient de trois sources principales. On distingue d'abord les changements qui affectent les réserves de carbone dans le sol, puis les quantités de $CO_2$ libérées par la consommation de combustibles fossiles à la ferme et enfin les émissions indirectes liées à la consommation de combustibles fossiles pour la production d'intrants tels que les pesticides et les engrais. Le tableau suivant donne une estimation des émissions de $CO_2$ par l'industrie agricole au Canada à partir des différentes sources de rejet.

**Tableau 1**

**Tableau 1 : Estimation des émissions de $CO_2$ par l'industrie agricole au Canada**

| | 1981 | 1986 | 1991 | 1996 |
|---|---|---|---|---|
| | (millions de tonnes de $CO_2$) | | | |
| Sols | 7,7 | 7,3 | 5,1 | 1,8 |
| Combustibles utilisés dans les fermes | 9,5 | 7,7 | 8,1 | 9,5 |
| Émissions indirectes[5] | 13,7 | 14,7 | 14,6 | 16,3 |
| Emissions totales attribuables à l'agriculture | 30,9 | 29,7 | 27,8 | 27,6 |

Source : R.L. Desjardins dans *La santé de l'air que nous respirons, vers une agriculture durable au Canada*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, 1998.

(4) Robert Hornung, Pembina Institute, Présentation à un atelier de la Bibliothèque du Parlement sur les changements climatiques, 29 septembre 2000.

(5) Les émissions indirectes couvrent la libération de $CO_2$ provenant de la fabrication et du transport des intrants, notamment les engrais, la fabrication de machines agricoles, la production d'électricité, etc.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT



D'après les données du tableau 1, les émissions de $CO_2$ issues des sols agricoles sont passées de 7,7 millions de tonnes en 1981 à 1,8 millions de tonnes en 1996 et seraient pratiquement nulles aujourd'hui[6]. Les raisons de cette tendance font l'objet des sections suivantes.

## B. Le cycle du carbone en milieu agricole

Pour comprendre les émissions de $CO_2$ par les sols, il faut s'intéresser au cycle du carbone dans les systèmes agricoles. D'une manière générale, le $CO_2$ de l'atmosphère est absorbé par les plantes qui le transforment en sucres tels que les glucides et la cellulose. La plante utilise une partie de ses composés pour ses besoins énergétiques et les convertit de nouveau en $CO_2$. Une partie du carbone restant dans la plante est ensuite enlevé du système lorsque la plante est récoltée, le reste se retrouve dans le sol et est transformé de nouveau en $CO_2$ par les microbes du sol. Ce cycle est identique dans tous les systèmes de culture, mais les quantités de $CO_2$ échangées varient selon le climat, le sol et le type de plante cultivée. Ce cycle est un peu plus complexe là où on pratique l'élevage puisque à la place d'être enlevée du système, une part importante des matières végétales est utilisée comme litière ou fourrage. Une partie de ce carbone est rejetée par les animaux sous forme de $CO_2$, une autre partie est enlevée sous forme de produits animaux (la viande par exemple) et une quantité importante retourne dans le sol sous forme de fumier.

Dans une terre qui a subi peu de changements au cours des années (une prairie naturelle ou une parcelle agricole exploitée de la même manière depuis plusieurs décennies par exemple), il existe un certain équilibre entre le carbone capté par les plantes et celui qui retourne dans l'atmosphère, de sorte que les quantités de carbone stockées dans le sol ne changent pas[7]. Cependant, toute modification de la gestion des terres a pour effet de perturber le cycle du carbone. Par exemple, lorsque les forêts et les prairies naturelles sont défrichées pour faire place à l'agriculture, une grande quantité de la matière organique d'origine est transformée en $CO_2$ et relâchée dans l'atmosphère. Puis, quand le sol est cultivé pendant quelques décennies, les

---

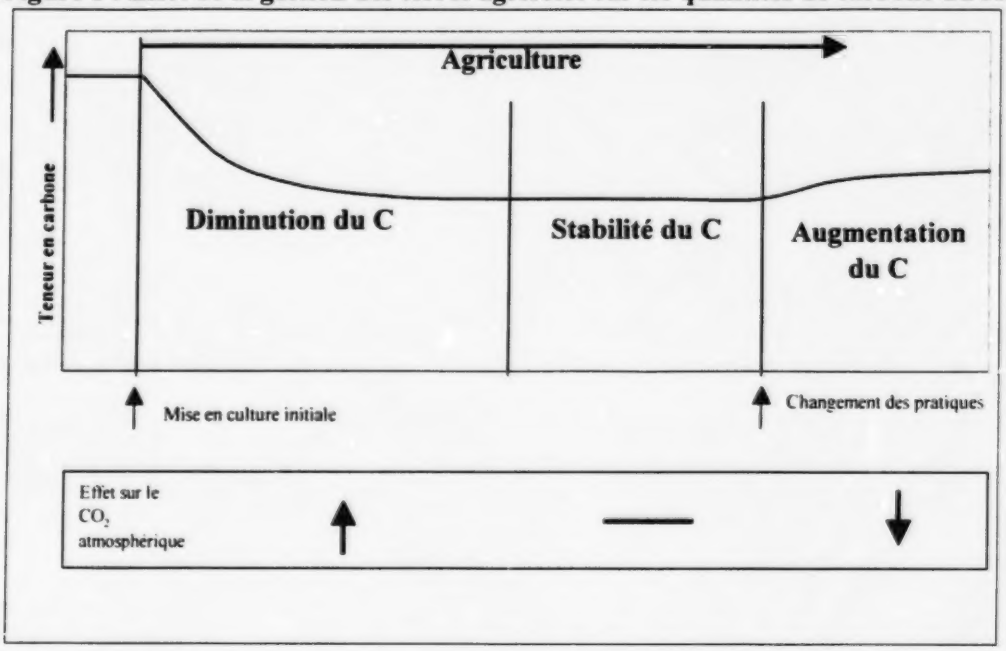
(6) Terence McRae, Agriculture et Agroalimentaire Canada, *Une perspective agri-environnementale de la multifonctionnalité*, présentation à l'assemblée générale de la Fédération canadienne de l'agriculture le 23 février 2000, atelier sur les concepts de multifonctionnalité et de principe de précaution.

(7) Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, *La santé de l'air que nous respirons, vers une agriculture durable au Canada*, 1998.

quantités stockées dans le sol se stabilisent de nouveau. Cependant, lorsque l'on modifie les pratiques agricoles de façon à accroître la teneur du sol en carbone organique, le phénomène inverse se produit : le sol capte plus de $CO_2$ qu'il en émet, le $CO_2$ est donc retiré de l'atmosphère et stocké par le sol. Ce processus s'appelle la séquestration du carbone : on va parler de puits édaphiques (*soil sinks*) pour caractériser la terre agricole qui accumule le carbone[8]. La figure 1 illustre les changements que subissent à divers moments les réserves de carbone du sol dans les terres agricoles.

**Figure 1**

**Figure 1 : Effet de la gestion des terres agricoles sur les quantités de carbone du sol**




Source : adapté de R.L. Desjardins dans *La santé de l'air que nous respirons, vers une agriculture durable au Canada*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, 1998.

Un pays pourrait donc utiliser la capacité de ses sols agricoles à séquestrer le carbone pour réduire son bilan d'émission de GES. Cette capacité n'est cependant pas illimitée puisque les réserves de carbone dans le sol atteignent un nouvel état stable après un certain nombre d'années sans modification de la gestion des terres.

---

(8) D'une manière générale on parle de « puits de carbone » pour définir une activité qui va retirer du $CO_2$ de l'atmosphère : on a, par exemple, les puits édaphiques (séquestration du carbone par le sol) et les puits forestiers (séquestration du carbone par une forêt en croissance).

## C. Les pratiques agricoles qui permettent de séquestrer le carbone dans les sols

La capacité du sol à fixer du carbone à long terme dépend d'une saine gestion des terres. La création de puits édaphiques ne se fera pas sans l'adoption d'un certain nombre de pratiques qui permettent d'augmenter la quantité de carbone dans le sol. Celles-ci peuvent varier selon le type de sol et de climat, et elles comprennent :

- la diminution des jachères;
- la pratique du semis-direct, qui diminue la perturbation du sol et la libération de $CO_2$;
- l'utilisation de légumineuses et/ou de graminées dans la rotation des cultures;
- la conversion de terres agricoles marginales en zones de graminées vivaces ou d'arbres;
- l'utilisation de la méthode de pâturage en rotation et le pâturage de haute intensité et de courte durée;
- la plantation d'arbustes et d'arbres comme brise-vent;
- la restauration des terres humides.

Bon nombre des méthodes de gestion visant le stockage du carbone dans des puits édaphiques contribuent également à la durabilité de l'environnement. L'augmentation de la matière organique contenue dans le sol aide à améliorer les capacités agronomiques de celui-ci. De plus, cette augmentation produit un sol de meilleure qualité et une meilleure production végétale, elle accroît la conservation de l'eau, réduit l'érosion et améliore l'habitat faunique et la protection des espèces, ce qui conduit à une biodiversité accrue[9].

Ces méthodes peuvent aussi favoriser la rentabilité de l'exploitation agricole. Par exemple, un travail du sol minimum fait diminuer les coûts de production en réduisant l'utilisation de machinerie[10].

---

(9) Site Internet de Agriculture et Agroalimentaire Canada, tiré d'une page disponible à l'adresse suivante : http://www.agr.ca/policy/environment/eb/public_html/ebf/climatique.html mise à jour le 29 juillet 1999.

(10) *Ibid.*

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT



## D. La séquestration du carbone par les sols au Canada...

Les observations historiques au Canada, confirmées par des modèles mathématiques, ont montré que les réserves de carbone du sol ont diminué rapidement au début du XX$^{e}$ siècle par suite de la mise en culture d'une importante superficie de terres inexploitées, puis que ces pertes de carbone ont diminué graduellement pendant que le sol tendait vers un nouvel « état stable ». Ces pertes ont quasiment cessé au milieu des années 1990[11].

En 1998, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) prévoyait que les sols agricoles cesseraient d'être une source de $CO_2$ avant 2001 et qu'ils emmagasineraient de 0,5 à 0,7 million de tonnes de carbone chaque année à partir de 2010[12]. Cette tendance se maintiendra seulement jusqu'à ce que les sols agricoles aient atteint un nouvel équilibre et seulement si les pratiques favorisant l'augmentation de la teneur en carbone sont maintenues[13].

Des incertitudes demeurent sur les moyens de quantifier le $CO_2$ qui est effectivement retiré de l'atmosphère pour être emmagasiné dans les sols. Les estimations d'AAC sont basées sur le modèle CENTURY. Ce dernier permet, à partir de certaines hypothèses scientifiques sur le sol, le climat et la végétation entre autres, de calculer une estimation des variations de carbone en fonction des pratiques agricoles. Cependant, il reste encore énormément de recherche à faire, notamment sur les effets de certaines pratiques séquestrant le carbone dans certains type de sols.

## E. ... Et dans le Protocole de Kyoto

Contrairement au reboisement, la séquestration du carbone dans les sols agricoles n'a pas été incluse dans l'accord original du Protocole de Kyoto, c'est-à-dire que les sols ne sont pas reconnus officiellement comme des puits de carbone, et que le carbone fixé dans le sol ne peut pas entrer dans le bilan d'émission de chaque pays.

Pour corriger cette situation, le Canada n'a pas cessé d'insister pour que les puits édaphiques soient inclus dans le Protocole : cela se fait en accord avec bon nombre

---

(11) Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, *La santé de l'air que nous respirons, vers une agriculture durable au Canada*, 1998.

(12) R.L. Desjardins et R. Riznek, « Bilan des gaz à effet de serre d'origine agricole », *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs environnementaux*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000.

(13) *Ibid.*

d'intervenants aux pays, dont la Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique[14] qui recommandait en janvier 2000 que le gouvernement fédéral continue son action pour la reconnaissance des sols agricoles comme puits de carbone dans le Protocole[15]. Les actions entreprises par le gouvernement et l'industrie pour la mise en place de mesures visant à réduire l'incidence des GES ont été conçues en fonction de cette éventualité.

Les négociations de La Haye sur l'application du protocole de Kyoto ont eu lieu en novembre 2000. Elles visaient, entre autres, un accord sur la définition de « puits de carbone » et sur la manière de les utiliser dans les bilans d'émissions. L'échec de ces négociations ne met pas nécessairement un terme aux espoirs de voir les sols agricoles inclus dans le Protocole, mais il révèle plutôt le besoin de surmonter certains obstacles, notamment le besoin d'une méthode fiable et efficiente sur les plans économique et technique pour déterminer les quantités de $CO_2$ retirées de l'atmosphère et fixées dans les sols. Les incertitudes scientifiques sur les moyens de quantifier ce $CO_2$ séquestré ainsi que le caractère temporaire des sols agricoles comme puits ont été les principaux arguments contre leur inclusion dans le Protocole.

## QUELLES MÉTHODES POUR FAVORISER LA CRÉATION DE PUITS?

Parmi les différentes mesures qui visent la réduction des émissions de GES, l'on distingue celles qui utilisent le marché en mettant un prix sur le carbone (par exemple une taxe ou un système d'échange de droits d'émission) et celles qui utilisent le pouvoir de réglementation pour limiter certaines pratiques (par exemple des normes d'efficacité énergétique pour les véhicules automobiles). Toutes ces mesures ne favorisent pas nécessairement la création de puits édaphiques. La présente section se concentre donc sur la mise en place d'un marché pour le carbone et l'intérêt qu'il peut présenter pour les agriculteurs, puis décrit brièvement les autres solutions et leurs effets sur l'adoption de pratiques favorisant la séquestration du carbone.

---

(14) La Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique a été mise en place pour élaborer une stratégie pour que le Canada atteigne son objectif fixé par le Protocole de Kyoto. Elle comprend des représentants des provinces, du monde agricole, universitaire et de l'agro-industrie.

(15) Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique, *Réduire les émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture canadienne*, Rapport sur les options, janvier 2000.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT



## A. Un marché pour le carbone

De toutes les mesures énoncées ci-dessus, l'échange de « crédit de carbone » (*Carbon credit trading*) est l'instrument qui a été le plus étudié au Canada[16] et qui semble le mieux adapté pour inciter les agriculteurs à adopter des pratiques permettant la séquestration du carbone et favoriser ainsi la création de puits édaphiques.

Le Protocole de Kyoto permet la mise au point de systèmes d'échange de droits d'émission (*Emission trading mechanism*) comme outil pour réduire les rejets de GES dans l'atmosphère. Pour mettre en place un système d'échange de droits d'émission, il faut tout d'abord fixer une limite de rejet de GES par pays; puis chaque pays répartit la quantité de rejet qui lui est assignée entre ses différents émetteurs. Enfin, le mécanisme d'échange permet à une partie d'acquérir le droit de rejeter des GES que lui cède une autre partie qui a été capable de réduire ses émissions en deçà des quantités qui lui avait été attribuées.

Les activités séquestrant le carbone, comme les puits édaphiques, pourraient éventuellement être incorporées dans les systèmes d'échange de droits d'émission : on créerait un « crédit de carbone » pour chaque unité supplémentaire d'équivalent $CO_2$ fixée dans le sol. Ces crédits pourraient ensuite être vendus à des émetteurs de GES dans le but d'autoriser leurs émissions. L'échange de ces crédits offrirait donc aux agriculteurs une prime pour l'adoption de méthodes favorisant la fixation du carbone dans le sol.

Il est à noter que le boisement et le reboisement sont considérés comme des puits de carbone selon le Protocole de Kyoto. En plus de créer un puits édaphique en séquestrant du carbone dans les sols, la conversion de terres agricoles marginales en zones boisées constituerait aussi un puits forestier ce qui permettrait d'obtenir des crédits de carbone supplémentaires.

Si les sols agricoles sont reconnus comme des puits dans le protocole de Kyoto, il faudra définir les modalités du système d'échange de crédit de carbone. S'agira-t-il d'un système volontaire ou obligatoire? Doit-on attribuer des crédits pour ce qu'un agriculteur séquestre réellement ou pour le potentiel de stockage de ses sols? Qui détient les droits sur le carbone, en d'autres termes à qui attribue-t-on les crédits, le propriétaire de la terre ou le producteur agricole? Ces questions ne sont qu'une partie des points à éclaircir avant de mettre en place un système d'échange de crédit de carbone.

---

(16) Robert Hornung, Pembina Institute. Présentation à un atelier de la Bibliothèque du Parlement sur les changements climatiques, 29 septembre 2000.

## B. Un « marché du carbone » est-il un intéressant pour les agriculteurs?

Les paragraphes qui suivent apportent quelques éléments de réflexion sur les effets qu'un système d'échange de crédit de carbone pourraient avoir sur les agriculteurs.

À l'heure actuelle, il est difficile de prévoir quelle sera la valeur du carbone pour un agriculteur. En effet, on est encore incapable de déterminer la quantité de carbone qui sera séquestrée, le prix payé pour une unité de carbone ainsi que le mode de paiement[17].

On est cependant à peu près sûr que la quantité de carbone séquestré sur une exploitation agricole sera trop faible pour être échangeable. Alors que si l'on considère les 45,5 millions d'hectares de terres agricoles au Canada, le potentiel de crédits échangeables est très important. Il faudra très certainement envisager une forme de mise en commun des crédits de carbone pour obtenir un volume échangeable significatif[18].

La mise en place d'un marché signifie également l'existence d'un mécanisme d'échange qui permettrait aux agriculteurs d'acheter des crédits. En effet, pour certains agriculteurs qui voudraient accroître un élevage ou toute autre initiative qui serait consommatrice de combustible fossile ou augmenterait les émissions d'autres GES, cela veut dire qu'ils auront à payer pour des crédits[19].

## C. Les autres approches

Il existe d'autres outils pour inciter les agriculteurs à employer des méthodes favorisant la séquestration du carbone dans le sol. Par exemple, une servitude de préservation est un accord juridique par lequel un propriétaire terrien restreint ou limite de son propre chef, le type et l'envergure des aménagements qu'il peut effectuer sur sa propriété, moyennant une compensation financière. Ce système existe aux États-Unis pour la conservation d'habitats fauniques (le *U.S. Conservation Reserve Program*) et pourrait être adapté au cas des GES notamment en incitant les agriculteurs à retirer les terres agricoles marginales de la production et de les convertir en zones de graminées vivaces ou forestières. La mise en place d'une telle

---

(17) *Carbon Sequestration and Trading Implications for Canadian Agriculture*, Document de discussion produit au cours de l'atelier intitulé *Carbon Sequestration and Trading Implications for Agriculture*, coordonné par Soil Conservation Council of Canada en décembre 1998.

(18) *Ibid.*

(19) Daynard Terry, « Agriculture and Kyoto – An Update », *Ontario Corn Producer*, vol. 15, n° 7, août septembre 1999, p. 6-7.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT



mesure semble à première vue peu compatible avec un mécanisme d'échange de crédit de carbone – une partie serait payée deux fois pour le même service. De plus, il se pose le problème des critères sur lesquels on base la compensation financière. Dans ce type de programme, on utilise généralement la perte de productivité ou le manque à gagner résultant de l'adoption des pratiques concernées. Cependant, les pratiques séquestrant le carbone n'entraîne pas nécessairement une baisse de production ni un manque à gagner.

Parmi les autres approches qui visent une réduction des émissions de GES, l'imposition d'une « taxe sur le carbone » est une solution qui reçoit l'appui de nombreux groupes environnementaux. Il est pour le moment difficile de dire quel effet aurait une taxe sur le combustible fossile, sur l'adoption de pratiques favorisant la séquestration du carbone, même si certaines de ces pratiques entraînent une diminution de la consommation d'énergie – par exemple, le semis-direct qui limite l'utilisation de machinerie. Selon un document produit en 1998 pour la Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique, le processus de production agricole est trop complexe pour présumer que l'imposition d'une taxe entraînera une augmentation des pratiques séquestrant le carbone et, d'une manière plus générale, une diminution des émissions de $CO_2$ provenant du secteur agricole[20]. Depuis, cette approche a été peu étudiée au Canada[21].

Les mesures réglementaires qui rendraient obligatoire l'utilisation de pratiques séquestrant le carbone dans les sols pourraient être vues comme une atteinte aux droits de propriété. Il ne s'agit pas non plus d'une méthode traditionnellement utilisée au Canada pour encadrer la production agricole : les guides de « bonnes pratiques agricoles » sont plutôt volontaires et sont rarement transcrits en réglementation. La gestion des déchets animaux est une exception, puisque la plupart des provinces ont des règlements qui régissent le stockage et l'épandage de fumier et de lisier.

---

(20) Don Buckingham, Cynthia Kallio Edwards, Instruments de politiques non économiques visant la réduction des émissions de GES dans le secteur agricole, Présentation à l'atelier de Montréal de la Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique, 17 novembre 1998.

(21) Robert Hornung, Pembina Institute, Présentation à un atelier de la Bibliothèque du Parlement sur les changements climatiques, 29 septembre 2000.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT



## CONCLUSION

La séquestration du carbone par les sols est une manière de réduire les émissions de GES issues de l'agriculture, et la mise en place d'un marché pour la réduction des émissions de carbone permettrait aux agriculteurs de tirer un avantage économique de ce processus.

Cependant, le Canada ne pourra pas intégrer la séquestration du carbone par les sols dans les mesures qu'il prendra pour réduire ses émissions de GES si ces sols agricoles ne sont pas reconnus comme des puits de carbone par le Protocole de Kyoto.

De plus, ce processus ne résout pas toute la question des rejets de GES par l'agriculture. Il ne faudrait pas que les gains obtenus par la séquestration du carbone s'accompagnent d'une hausse des émissions des autres GES ou de $CO_2$ provenant d'autres sources que le sol, notamment si ces émissions font partie du système d'échange de crédit de carbone. En effet, la prime liée à la séquestration du carbone par les sols se verrait largement diminuée voire annulée. De plus, les puits édaphiques ne sont pas une solution permanente puisque les réserves de carbone dans le sol atteignent un nouvel équilibre après un certain nombre d'années et il faut maintenir les pratiques requises pour ne pas relâcher à nouveau du $CO_2$.

D'autres pratiques permettent de réduire les émissions GES provenant de l'agriculture, par exemple, la substitution d'une partie de l'engrais azoté minéral par une couverture de légumineuse en hiver permet de réduire les émissions indirectes de $CO_2$ attribuables à la fabrication d'engrais[22]. Les agriculteurs devront donc inclure les puits édaphiques dans une stratégie plus générale qui vise la réduction de leurs émissions de GES.

---

(22) Robertson G.P. *et al*, « Greenhouse Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere », *Science Magazine*, vol. 289,n°. 5486, 15 septembre 2000, p. 1922-1925.